ODICAL Denmark. Kom. Fisk. Havs.
(1) Medd. Serie: Hydrog.
LIBRARY
FISH & WILDLIFE SERVICE
PACIFIC OCEANIC FISHERY
INVESTIGATIONS
3(1

MEDDELELSER

FRA

KOMMISSIONEN FOR DANMARKS FISKERI- OG HAVUNDERSØGELSER

SERIE: HYDROGRAFI · BIND III

Nr. 1. J. P. Jacobsen: TEMPERATURMESSUNG MIT ELEKTRISCHEM WIDERSTANDS-THERMOMETER AUF DER KATTEGATSEXPEDITION IM AUGUST 1931

KØBENHAVN
C. A. REITZELS FORLAG
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI A/S
1935

MEDDELELSER FRA KOMMISSIONEN
FOR DANMARKS FISKERI- OG HAVUNDERSØGELSER

SERIE: HYDROGRAFI · BIND III · NR. 1 · 1935

TEMPERATURMESSUNG MIT ELEKTRISCHEM WIDERSTANDSTHERMOMETER AUF DER KATTEGATSEXPEDITION IM AUGUST 1931

VON

J. P. JACOBSEN

KØBENHAVN
C. A. REITZELS FORLAG
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI A/S
1935

Eine allgemeine Übersicht über die Ergebnisse der Expedition ist von Prof. Dr. Bruno Schulz in dem Bulletin Hydrographique[1]) gegeben. Die hier zu behandelnden Messungen mittels elektrischer Widerstandsthermometer sind vom Institut für Meereskunde vom Dampfer »Hunte« und von der »Kommissionen for Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser« vom Dampfer »Japetus Steenstrup« ausgeführt.

Der Umfang der Temperaturmessungen. Die Messungen wurden von dem deutschen Untersuchungsschiff »Hunte« auf 56°26,2′ N. 11°53,8′ E. in einer Tiefe von 22,5 m und von dem dänischen Untersuchungsschiff »Japetus Steenstrup« auf 56°22,4′ N. 12°02,5′ E. in einer Tiefe von 26 m angestellt. Die Messungen von »Hunte« wurden vom 11. bis zum 17. August teils jede zweite, teils jede 4. Minute und vom »Japetus Steenstrup« vom 15. bis 17. August jede Minute ausgeführt.

Die angewandten Methoden. Betreffs der Messungen von »Hunte« hat Professor A. Defant mitgeteilt, dass die Messanordnung im wesentlichen aus einer Wheatstone'schen Brückenanordnung mit Milliampèremeter bestand. Das Milliampèremeter hatte eine von 0 bis 1 Milliampère geteilte Skala. Das zugehörige Widerstandsthermometer war mit einem geöffneten Metallschutzrohr versehen und an die Messvorrichtung durch ein etwa 70 m langes Kabel angeschlossen. Zum Betriebe der Brückenanordnung wurde eine Spannung von 12 Volt benutzt.

Bei den Messungen wurde die Ausschlagsmethode benutzt. Mittels eines Regulierwiderstandes wurde dafür gesorgt, dass man bei Einschaltung eines Kontrollwiderstandes immer den Ausschlag 0,750 Milliampère — oder einen Ausschlag sehr nahe diesem Wert — erhielt, wenn auch die Betriebsspannung sich ein wenig änderte.

Das Thermometer war in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft. Die Anpassungszeit des Instrumentes betrug bei Temperaturdifferenzen von kleiner als 10° $2^1/_2$ bis 3 Minuten. Mit Rücksicht auf die hier in Frage kommenden Temperaturen kann angeführt werden, dass, nach dem Zertifikat der Reichsanstalt, die Ausschläge 0,4 und 0,5 Milliampère die Temperaturen 9°,22 bezw. 12°,51 angaben. Die Genauigkeit betrug etwa 0°03, indem man die Hundertstel Milliampère ablesen und die Tausendstel schätzen konnte.

Eine nähere Beschreibung des von »Hunte« benutzten Thermometers ist von G. Böhnecke[2]) gegeben.

Bei den Messungen von »Japetus Steenstrup« wurde ein Widerstandsthermometer benutzt, das durch ein hochisoliertes Kabel mit einer Wheatstone'schen Brückenanordnung verbunden war. Der Widerstand im Thermometer war aus einem ca. 0,15 mm dicken lackierten

[1]) Bulletin Hydrographique du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer. Appendice du Volume pour l'année 1931.

[2]) G. Böhnecke: Ein Widerstandsthermometer zur Messung von Temperaturen im Meere. Ann. d. Hydr., Jahrg. LXI, 1933, S. 122.

Nickeldraht hergestellt. Der Widerstand des Thermometers betrug ca. 166 Ohm. Die Länge des Kabels betrug ca. 40 m mit einem Widerstand von ca. 1 Ohm.

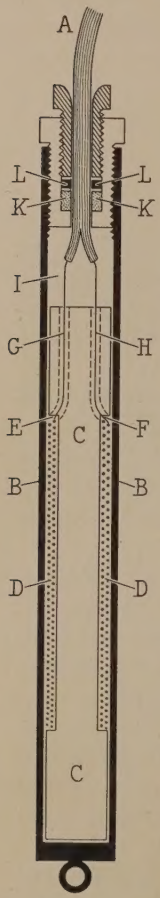

Fig. 1.

Die Konstruktion des Widerstandsthermometers ist in Fig. 1 gezeigt. In einem dickwandigen Messingrohr *B* war ein massives, in der Mitte verjüngtes Messingstück *C* angebracht. Die Enden des Messingstückes waren dem lichten Durchmesser des Messingrohres genau angepasst, aber doch derart, dass das Messingstück beim Zusammenstellen des Apparates leicht ins Rohr hinunter gleiten konnte.

Auf dem dünnen Teil des Messingstückes war die Nickeldrahtbewicklung *D* in zwei Schichten angebracht, sodass die Enden des Drahtes oben bei *E* und *F* hinausgeführt werden konnten. Die beiden Bewicklungsschichten waren von einander und von dem umgebenden Metall durch paraffiniertes Papier isoliert. Zwischen die einzelnen Windungen des Nickeldrahtes in der Bewicklung war ein dünner Faden Nähgarn gelegt. Bei *E* und *F* waren auf dem inwendigen Messingstück kleine Ebonitstücke festgemacht. Diese Ebonitstücke sind in der Figur nicht angegeben. Durch diese Ebonitstücke waren die gummiisolierten Zuleitungsdrähte *G* und *H* den Enden der Nickeldrähte angelötet. Durch die Löcher oben im Messingstück waren die Zuleitungsdrähte *G* und *H* nach oben in den Raum *I* geführt, wo sie an die Leitungen des Kabels angeschlossen waren. Das Kabel war dadurch festgehalten, dass ein Gummiring KK mittels der in der Figur gezeigten Verschraubung und dem über dem Gummiring angebrachten Messingring *LL* zusammengedrückt wurde.

Beim Zusammensetzen des Apparates wurde eine passende Menge geschmolzenes Paraffin von hohem Schmelzpunkt ins Messingrohr gegossen. Das Messingstück *CC* mit der Bewicklung und den angeschlossenen Leitungen wurde bis auf den Grund des Messingrohres hineingelassen. Nach der Abkühlung füllte das erstarrte Paraffin den Apparat bis zur Mitte des Raumes *I*.

Über das Paraffin wurde eine Packung gelegt und darauf eine geschmolzene Mischung von Harz und venetianischem Terpentin bis ungefähr zum Rande des Messingrohres gegossen. Solange diese Mischung noch flüssig war, wurde die Verschraubung festgemacht.

Nach Abkühlung wurde der oberste Teil des Apparates und der unterste Teil des darin sitzenden Kabels mit Isolierband umwickelt, sodass der unterste Teil des Kabels so steif wurde, dass in der Nähe des Apparates keine scharfe Biegung des Kabels entstehen konnte.

Die Verbindungen in der Wheatstone'schen Brücke und der Anschluss des Kabels daran sind schematisch in Fig. 2 gezeigt.

L_1 und L_2 sind die Leitungen vom Kabel. *M* ist ein Kurbelwiderstand, der mit Intervallen von $^1/_{10}$ Ohm von 0 bis 999,9 Ohm variiert werden konnte. m_1 und m_2 sind zwei feste Widerstände von je 80 Ohm. E ist eine Batterie, die aus 5 Trockenelementen zusammengestellt war und eine Spannung von ca. 7 Volt hatte. *G* ist ein Galvanometer mit 115 Einteilungen für den Messbereich von — 0,15 bis 1,00 Milliampère.

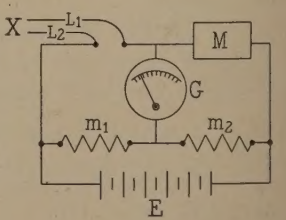

Fig. 2.

Bei der Temperatur 9°9 zeigte das elektrische Thermometer einen Widerstand von 166,5 Ohm und bei den Messungen wurde der Widerstand *M* gewöhnlich auf diesen Wert eingestellt. Der Ausschlag

auf dem Galvanometer wurde dann als Mass für die Temperatur des elektrischen Thermometers benutzt.

Bezeichnet man die Grösse der oben erwähnten Widerstände M, m_1 und m_2 durch ihre Kennbuchstaben und ferner die Widerstände im elektrischen Thermometer, im Galvanometer und in der Batterie durch X bezw. g und r und die elektromotorische Kraft der Batterie durch E, so erhält man den Galvanometerstrom i, ausgedrückt durch

$$i = \frac{m_2 X - m_1 M}{m_1 m_2 (X+M) + (m_1+m_2) XM + (m_1+X)(m_2+M) r + (m_1+m_2)(X+M) g + (m_1+m_2+X+M) rg} \cdot E.$$

Bei der angewandten Zusammenstellung war

$$m_1 = m_2 = 80; r = 1, M = 166{,}5 \text{ und } g = 100.$$

Setzt man ferner:

$$X = M[1 + \alpha(t - 9{,}9)],$$

wo α den Temperaturkoeffizienten des Nickeldrahtes bezeichnet, so erhält man:

$$i = \frac{0{,}001110\, \alpha (t - 9{,}9)}{1 + 0{,}6850\, \alpha (t - 9{,}9)} \cdot E.$$

Für den Temperaturkoeffizienten α des Nickeldrahtes wurde 0,00390 gefunden, und wenn der vom Strome i hervorgerufene Ausschlag u als $u = 10^5 i$ angegeben wird, erhält man:

$$u = \frac{0{,}433\, (t - 9{,}9)}{1 + 0{,}00267\ (t - 9{,}9)} \cdot E.$$

Für eine elektromotorische Kraft von 7 Volt findet man hieraus für die Temperatur t den abgekürzten Ausdruck

$$t = 9{,}9 + 0{,}330\, u + 0{,}00029\, u^2. \qquad (1)$$

Schätzt man die Unsicherheit der Einstellung der Galvanometernadel auf 0,3 Einteilung, erhält man für die Temperaturbestimmung eine Unsicherheit von $^1/_{10}°$.

Für das Temperaturintervall von 5° bis 15° kann man das letzte Glied in Formel (1) ausser Betracht lassen, ohne dabei einen wesentlichen Fehler zu begehen. Da der Widerstand im Kabel (1 Ohm) im Verhältnis zum Widerstand des Nickeldrahtes (166,5 Ohm) klein war, wird der Fehler, der von einer Temperaturdifferenz zwischen Kabel und Nickeldraht herrühren kann, unbeträchtlich.

Eichung des elektrischen Thermometers, das auf dem „Japetus Steenstrup" verwendet wurde.

Es wurde teils der Widerstand im elektrischen Thermometer bei gewissen bekannten Temperaturen, teils die Trägheit des Thermometers bestimmt. Bei den Bestimmungen wurden zwei Behälter mit Wasser von verschiedener und hinreichend genau bekannter Temperatur benutzt. Die Temperaturen wurden mit guten, in Zehntelgrad geteilten Thermometern gemessen.

Das elektrische Thermometer wurde in dem einen der Behälter angebracht und sowohl die Temperatur des Wassers wie auch der Widerstand des elektrischen Thermometers wurden zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen. Danach wurde das elektrische Thermometer in den anderen Behälter überführt und Messungen in ähnlicher Weise wie bei dem ersten Behälter vorgenommen.

In der untenstehenden Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Versuche aufgeführt. Die einzelnen Versuche sind mit I—VII bezeichnet. Die Widerstände, die für die Zeit 0 angegeben sind, sind diejenigen, die bei Abschluss des eben vorhergehenden Versuches gefunden wurden. Die Zeit ist in Minuten nach der Überführung des elektrischen Thermometers in den Behälter angegeben.

Tabelle 1.

I			II			III			IV			V			VI			VII		
Zeit	Temp.	Widerstand	Zeit	Temp.	Widerstand	Zeit	Temp.	Widerstand	Zeit	Temp.	Widerstand	Zeit	Temp.	Widerstand	Zeit	Temp.	Widerstand	Zeit	Temp.	Widerstand
			[0	4.28	162.82]	[0	16.50	170.8]	[0	5.0	163.3]	[0	15.50	170.18]	[0	8.30	165.4]	[0	14.84	169.75]
2	4.1	163.1	1	16.6	169.2	1	4.90	164.6	8	**15.50**	**170.18**	1	8.22	166.4	1	14.98	169.0	1	9.36	167.0
4	**4.15**	**162.8**	2	16.66	170.5	2.5	4.95	163.6				5.5	**8.32**	**165.4**	3	14.96	169.74	2.5	**9.36**	**166.25**
5	**4.20**	**162.8**	3	**16.55**	**170.7**	3	**4.98**	**163.4**				7	**8.30**	**165.4**	5	**14.84**	**169.75**	3.5	**9.36**	**166.2**
6	4.28	162.82	4	**16.52**	**170.8**	4	**5.04**	**163.3**										5	**9.37**	**166.15**
			5	**16.50**	**170.8**	6	. .	163.34												
			6	**16.50**	**170.8**															
	4.18	162.8		16.52	170.78		5.01	163.35		15.50	170.18		8.31	165.4		14.84	169.75		9.36	166.20
	4.18			16.47			5.03			15.55			8.19			14.88			9.42	

Zur Bestimmung des Zusammenhanges zwischen Widerstand und Temperatur für das Thermometer sind die fett gedruckten zusammengehörigen Werte benutzt. Bei der Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der der Temperaturausgleich vorging, wurden ausserdem die anderen Werte benutzt.

Die mittleren Werte der fett gedruckten Werte sind in der vorletzten Linie der Tabelle aufgeführt. An der Hand dieser Werte findet man, dass die Temperatur t des elektrischen Thermometers nach folgender Formel bestimmt werden kann:

$$t = 9{,}88 + 1{,}54\ (m - 166{,}5). \qquad (2)$$

Wenn man in diese Formel für m die Mittelwerte der fett gedruckten Werte des Widerstandes einsetzt, erhält man die in der letzten Linie der Tabelle 1 angegebenen Temperaturen.

Wie oben erwähnt, wurde beim Messen der Temperatur im Meere der Kurbelwiderstand M gewöhnlich auf 166,5 Ohm eingestellt und der Ausschlag des Galvanometers als Mass für die Temperatur benutzt. Der Wert eines bestimmten Ausschlages war jedoch nicht während der ganzen Serie von Messungen ganz konstant, weil die elektromotorische Kraft sich ein wenig änderte.

Um zu jeder Zeit die Ausschläge auf dem Galvanometer in Temperaturwerte umsetzen zu können, wurde in folgender Weise verfahren:

Von Zeit zu Zeit wurde diejenige Änderung des Ausschlages gemessen, die dadurch entstand, dass man den Widerstand M von 166,5 auf 170,5 Ohm veränderte. Die in dieser Weise gefundenen Werte der Änderung des Ausschlages wollen wir mit k bezeichnen. Bei Beginn der Messungen war k gleich ca. 20 Einteilungen, wurde aber allmählich bis auf ca. 18,5 Einteilungen verringert, weil die elektromotorische Kraft der Elemente verringert wurde. Mit einer Annäherung, die einer Genauigkeit von ca. $^1/_{10}°$ in der Temperaturbestimmung entspricht, kann man den Widerstand m des elektrischen Thermometers durch

$$m = 166{,}5 + 4 \cdot \frac{u}{k}$$

ausdrücken, indem u den Ausschlag für M gleich 166,5 Ohm angibt. Setzt man den Ausdruck für m in (2) ein, erhält man:

$$t = 9{,}88 + 6{,}16 \frac{u}{k}. \tag{3}$$

Für $k = 18{,}7$ wird (3) gleichbedeutend mit (1).

Als ein Ausdruck für die Trägheit des Thermometers wurde der Bruchteil q gebraucht, mit dem die Differenz zwischen den Temperaturen des elektrischen Thermometers und den Umgebungen während einer Minute abnahm. Vorausgesetzt wird, dass der Bruchteil q von der Temperaturdifferenz unabhängig ist.

Da der Widerstand m im elektrischen Thermometer ein Mass für die Temperatur ist, drückt q auch den Bruchteil aus, mit dem der numerische Wert der Differenz $m - m_\infty$ in der Minute abnimmt, indem m_∞ den Widerstand im elektrischen Thermometer angibt, wenn der Temperaturausgleich vollendet ist. Bezeichnen m_0 und m_n die Widerstände im elektrischen Thermometer bei Beginn des Ausgleiches beziehungsweise n Minuten später, erhält man:

$$m_n - m_\infty = (m_0 - m_\infty)\,(1-q)^n$$

oder

$$\log\,(1-q) = \frac{\log\,(m_n - m_\infty) - \log\,(m_0 - m_\infty)}{n}, \tag{4}$$

wo man mit den numerischen Werten der Widerstandsdifferenzen zu rechnen hat.

Zur Berechnung von q wurden die in Tabelle 1 angegebenen Werte von den Versuchen II, III, V, VI und VII benutzt. Für jeden Versuch wurde der m_0-Wert dem zuletzt gemessenen Werte des Widerstandes in dem eben vorhergehenden Versuch gleichgesetzt. Als m_n-Werte wurden die für die Zeiten 1, 2 und 2,5 Minuten angegebenen Werte und als m_∞-Werte die in der letzten Linie der Tabelle angegebenen Werte benutzt. Aus den verschiedenen Versuchen findet man dann die in der Tabelle 2 angegebenen Werte für $\log\,(1-q)$.

Bei der Bestimmung von q muss das Hauptgewicht auf den für die Zeit 1 Minute gefundenen Wert für $\log\,(1-q)$ gelegt werden. Die Werte für die Zeiten 2 und 2,5 Minuten sind unsicher, stimmen aber doch recht gut mit der Voraussetzung überein, dass die Temperaturdifferenz mit der Zeit exponentiell abnimmt.

Tabelle 2.

Zeit / Versuch	1	2	2.5
II.....	−0.702	−0.727	
III.....	−0.775		−0.590
V.....	−0.679		
VI.....	−0.763		
VII.....	−0.647		(−0.741)
Mittel ...	−0.713	−0.727	−0.590

Man findet $1 - q = 0{,}194$ oder mit Annäherung $q = 0{,}8$; demnach kann man also annehmen, dass die Temperaturdifferenz zwischen dem elektrischen Thermometer und seiner Umgebung sich im Laufe von 1 Minute auf $^1/_5$ seines Wertes vermindert. Im Laufe von ca. 0,4 Minuten wird sich die genannte Temperaturdifferenz auf die Hälfte ihres Wertes vermindern.

Das Anbringen des elektrischen Thermometers auf „Japetus Steenstrup". Ausser dem Kabel war noch eine Leine (Wire) am Thermometer befestigt. Die Leine war mit einem Lot von ca. 10 kg beschwert. Für die Tiefenbestimmungen war die Leine mit Marken versehen. Um kontrollieren zu können, ob die Leine zeitweise unter Beeinflussung des Stromes eine schräge Stellung einnähme, war das Thermometer noch mit einem Apparat zur Messung des Druckes in der Tiefe, in der sich das Thermometer befand, verbunden. Die Einrichtung dieses Apparates ist schematisch in Fig. 3 gezeigt.

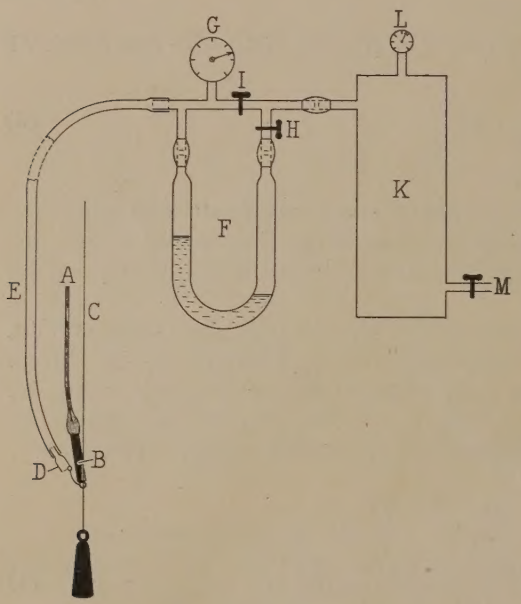

Fig. 3.

A bezeichnet den untersten Teil des elektrischen Kabels mit dem Thermometer *B*. In einer Öse unten im Thermometer war die Leine *C* und das daran hängende Lot von 10 kg befestigt. In der Öse war ausserdem noch ein kurzes, unten offenes Metallrohr *D* angebracht. Das Metallrohr *D* war mit dem Gummischlauch *E*, der mit Leineneinlage versehen war, verbunden. Der lichte Durchmesser des Schlauches betrug ca. 1 cm, und wenn der Schlauch mit Luft gefüllt war, war sein Auftrieb grösser als sein Gewicht. An Bord war der Schlauch der Rohrverbindung *F* mit dem Manometer *G* angeschlossen. Das U-förmige Rohr in der Rohrverbindung enthielt eine Wassermenge, die ca. $^1/_4$ vom Rauminhalt des U-Rohres betrug. Die Rohrverbindung *F* war mit einem Druckluft-Behälter *K* verbunden. Der Behälter *K* war mit einem Manometer *L* und einem Seitenrohr M mit Hahn versehen. Durch dieses Seitenrohr konnte vermittelst einer Pumpe Luft in den Behälter gepumpt werden.

Von den beiden Manometern *L* und *G* diente *L* nur zu einer angenäherten Bestimmung des Druckes im Behälter, während das empfindlichere Manometer *G* zu einer genauen Messung des Luftdruckes im Schlauche benutzt wurde. Bei einer Druckveränderung von 1 m Wassersäule gab der Zeiger auf dem Manometer *G* einen Ausschlag von ca. 1 cm.

Eine Kontrolle der Tiefe des Thermometers wurde in der Weise ausgeführt, dass man zuerst Druckluft durch den Schlauch leitete, indem der Hahn *I* offen gehalten wurde, während der Hahn H geschlossen war. Danach wurde der Hahn *I* geschlossen und der Hahn *H* soweit geöffnet, dass die Luftblasen mit einer gewissen Geschwindigkeit durch das Wasser im U-Rohr passierten. Es wurde dafür gesorgt, dass diese Geschwindigkeit bei jeder Kontrollmessung der Tiefe annähernd dieselbe war.

Die Kontrollmessungen der Tiefe mittels des Manometers wurden gewöhnlich jede Stunde vorgenommen, während des ersten Teiles der Messungen jedoch wesentlich häufiger. Die An-

gaben auf dem Manometer wichen nur ca. 0,1 m von einander ab, und man kann daher annehmen, dass der Abstand des Thermometers von der Wasseroberfläche während der Messungen nicht mehr als ca. 0,1 m geschwankt hat.

Vergleich der Temperaturmessungen von den Serienmessungen mit den Messungen an dem elektrischen Thermometer. Auf »Hunte« wurden stündliche Serienmessungen mit Kippthermometern ausgeführt und zwar mit wenigen Ausnahmen bei jeder Serie in der Tiefe 22,5 m, wo das elektrische Thermometer angebracht war. Auf »Japetus Steenstrup« wurden in der Tiefe des elektrischen Thermometers — 26 m — Serienmessungen nur in der Zeit vom $^{16}/_{8}$ um 14^{00} bis zum $^{17}/_{8}$ um 18^{00} vorgenommen. Die Messungen erfolgten jede zweite Stunde mittels eines isolierenden Wasserschöpfers mit eingesetztem Thermometer.

Für »Hunte« wollen wir die gleichzeitigen Temperaturmessungen in 22,5 m Tiefe mit Kippthermometer und mit elektrischem Thermometer mit t_u bezw. t_e bezeichnen. Die Differenzen $t_u - t_e$ für die gleichzeitigen Messungen kamen mit folgenden Häufigkeiten vor:

$t_u - t_e$ °C :	—0,9	—0,8	—0,7	—0,6	—0,5	—0,4	—0,3	—0,2	—0,1	0,0
Anzahl Differenzen:	1			2		1	6	5	11	32

$t_u - t_e$ °C :	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Anzahl Differenzen:	30	24	16	5	8	3	1	1	1

Die Temperaturdifferenzen $t_u - t_e$ sind demnach im Mittel ca. 0,1. Der Grössenunterschied der einzelnen Differenzen lässt sich leicht durch Unsicherheit in der Tiefenbestimmung erklären, da der Temperaturgradient — aus den Messungen in 20 und 25 m Tiefe berechnet — im Mittel 0°,66 betrug.

Für »Japetus Steenstrup« wollen wir die gleichzeitigen Temperaturmessungen in 26 m Tiefe mit dem Thermometer des Wasserschöpfers und mit dem elektrischen Thermometer mit t_w bezw. t_e bezeichnen. Die Differenzen $t_w - t_e$ für die gleichzeitigen Messungen kamen mit folgenden Häufigkeiten vor:

$t_w - t_e$ °C :	—0,6	—0,5	—0,4	—0,3	—0,2	—0,1	0,0
Anzahl Differenzen:	2						2

$t_w - t_e$ °C :	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Anzahl Differenzen:	1		4	1	3			1

Die Temperaturdifferenzen $t_w - t_e$ sind im Mittel 0,2. Die grosse Unsicherheit, die sich bei den wenigen Messungen gezeigt hat, muss zweifellos zurückgeführt werden teils auf Unsicherheit in der Tiefenbestimmung der entnommenen Wasserproben, teils darauf, dass das Ausspülen des Wasserschöpfers nicht vollkommen gewesen ist. Der Temperaturgradient, aus den Messungen in 25, 26, 27 bezw. 28 m Tiefe berechnet, betrug bei den Messungen, um die es sich hier handelt, im Mittel 0°,98. Eine Unsicherheit von ca. $^1/_2$ m in der Tiefenbestimmung genügt daher als Erklärung für die gefundenen Differenzen $t_w - t_e$. Die Tatsache, dass die Differenzen $t_w - t_e$ im Mittel positiv sind, deutet darauf hin, dass die Wasserproben, die mit dem isolierenden Wasserschöpfer entnommen sind, aus Tiefen geschöpft sind, die im Mittel etwas (ca. $^1/_5$ m) geringer waren als angegeben.

Tabelle 3.

Viertelstündliche Mittelwerte der Temperaturmessungen von »Hunte« vom 11. bis 17. August 1931 in 22,5 m Tiefe auf 56°26',2 N, 11°53',8 E. Mittelwert sämtlicher Messungen 11°,69.

Stunde	Minuten																											
	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45
	11. August				12. August				13. August				14. August				15. August				16. August				17. August			
0	..	..	..	..	11.3	11.3	11.4	11.4	11.0	11.0	11.2	11.3	12.2	12.2	12.2	12.2	11.7	11.8	11.8	11.7	11.5	11.9	11.8	11.8	11.7	11.9	11.9	11,8
1	..	..	..	..	11.3	11.4	11.2	11.4	11.3	11.3	11.4	11.3	12.2	12.2	12.2	12.2	11.8	11.8	11.7	11.5	11.8	11.9	11.5	11.4	12.0	12.2	12.3	12.3
2	..	..	..	..	11.4	11.6	11.8	11.5	11.3	11.3	11.3	11.3	12.2	12.2	12.3	12.3	11.5	11.6	11.6	11.6	11.5	11.6	11.6	11.4	12.2	12.2	12.3	12.3
3	..	11.4	11.5	11.5	11.2	11.4	11.4	11.4	11.4	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.2	12.3	11.6	11.6	11.6	11.6	11.3	11.3	11.4	11.3	12.2	12.3	12.3	12.1
4	11.5	11.5	11.7	12.1	11.5	11.4	11.4	11.4	11.9	12.0	12.0	12.0	12.2	12.2	12.3	12.2	11.6	11.3	11.4	11.3	11.4	11.4	11.6	11.9	12.2	12.2	12.4	12.5
5	12.2	12.1	12.0	12.0	11.6	11.6	12.0	11.7	12.1	12.4	12.3	12.0	12.2	12.1	12.0	11.7	11.3	11.3	11.4	11.3	11.6	11.6	11.6	11.6	12.5	12.3	12.1	12.1
6	11.7	11.7	11.8	11.9	11.6	11.6	11.4	11.4	12.0	11.7	12.0	12.4	11.8	11.8	11.9	11.8	11.3	11.2	11.1	11.0	11.4	11.2	11.3	11.3	12.3	12.0	11.6	11.9
7	12.0	12.2	12.1	12.3	11.6	11.6	11.6	11.7	11.9	11.8	11.8	12.1	11.9	12.2	12.2	12.2	11.2	10.9	11.1	11.2	11.2	11.2	11.3	11.3	11.8	11.8	11.8	12.2
8	12.3	12.4	12.1	12.4	11.8	11.9	11.8	11.3	12.2	12.0	11.8	11.6	12.1	12.1	12.0	11.8	11.2	11.0	11.0	11.0	11.3	11.5	11.6	11.8	12.2	12.0	11.8	12.2
9	12.4	12.3	12.2	12.1	11.3	11.3	11.3	11.2	11.6	11.6	11.7	11.6	11.9	12.0	12.2	12.0	10.9	11.0	11.2	11.2	11.7	11.7	11.6	11.7	12.4	12.3	12.3	12.3
10	12.4	12.4	12.5	12.4	10.4	10.3	10.3	10.2	11.5	11.6	11.6	11.7	12.0	12.1	11.9	12.0	11.1	11.0	11.0	11.2	12.0	11.6	11.6	11.6	12.3	12.2	12.3	12.3
11	12.4	12.6	12.4	12.5	10.2	10.2	10.2	10.3	11.8	11.8	11.9	11.8	12.1	12.3	12.3	12.3	11.1	11.2	11.2	11.2	11.6	11.6	11.6	11.5	12.4	12.4	12.4	12.5
12	12.5	12.4	12.4	12.3	10.3	10.3	10.2	10.1	11.8	11.8	11.9	12.0	12.3	12.4	12.5	12.5	11.3	11.3	11.3	11.2	11.1	11.2	11.3	11.2	12.4	12.4	12.2	12.2
13	12.4	12.5	12.3	11.9	10.0	9.9	9.8	9.9	12.0	11.9	11.6	11.6	12.5	12.5	12.4	12.5	11.2	11.2	11.1	11.1	11.0	10.9	11.4	11.4	12.4	12.4	12.4	12.5
14	11.5	11.0	11.0	10.9	10.1	10.5	10.4	10.0	11.5	11.5	12.0	11.9	12.5	12.5	12.5	12.4	11.2	11.2	11.2	11.2	11.5	11.4	11.3	11.2	12.4	12.4	12.4	12.5
15	11.0	10.9	11.0	11.1	10.3	10.4	10.8	10.9	12.0	12.0	11.6	11.7	12.5	12.4	12.2	12.0	11.2	11.3	11.2	11.4	11.1	11.1	11.2	11.3	12.5	12.6	12.3	12.2
16	11.2	11.1	11.1	11.1	11.0	11.2	11.3	11.2	11.8	12.0	12.4	12.4	11.9	11.9	12.0	12.1	11.3	11.2	11.4	11.5	11.4	11.4	11.7	11.9	12.6	12.4	12.5	12.3
17	11.1	11.3	11.4	11.5	11.3	11.1	11.1	11.3	12.3	12.2	12.4	12.2	12.0	11.9	12.0	12.0	11.6	11.5	11.6	11.5	12.6	12.6	12.6	12.4	12.2	12.2	12.1	12.0
18	11.5	11.5	11.4	11.2	11.1	11.1	11.6	11.5	12.2	12.2	12.2	12.3	12.0	12.0	12.0	12.0	11.6	11.6	11.6	11.7	12.2	12.4	12.2	12.2	12.0	11.9	11.8	
19	11.2	11.3	11.3	11.4	11.4	11.2	11.1	11.0	12.2	12.2	12.4	12.4	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.1	11.9	12.2	12.2	12.0	11.9				
20	11.4	11.3	11.4	11.2	11.3	11.6	11.7	11.5	12.0	11.9	11.9	11.9	12.0	11.9	11.8	11.7	12.0	12.1	12.1	12.1	12.0	11.8	11.9	11.8				
21	11.2	11.2	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	12.0	11.9	11.8	11.8	11.6	11.5	11.6	11.6	11.9	11.8	11.6	11.7	11.8	11.8	11.8	11.9				
22	11.2	11.2	11.2	11.1	11.5	11.4	11.3	11.3	11.9	11.9	11.8	11.9	11.6	11.6	11,6	11.6	11.5	11.4	11.4	11.3	12.0	11.9	11.7	11.7				
23	11.2	11.4	11.2	11.2	11.3	11.1	10.9	11.1	11.9	12.0	12.0	12.2	11.6	11.7	11.8	11.7	11.3	11.3	11.3	11.3	11.6	11.5	11.5	11.4				

Viertelstündliche Mittelwerte in 22,5 m Tiefe für „Hunte“ und in 26 m Tiefe für „Japetus Steenstrup“. Die berechneten viertelstündlichen Mittelwerte sind in den Tabellen 3 und 4 angegeben. Die eingeklammerten Werte in den Tabellen für »Hunte« vom $^{12}/_{8}$ um 10^{30} bis zum $^{12}/_{8}$ um 13^{15} und für »Japetus Steenstrup« vom $^{16}/_{8}$ um 0^{00} bis zum $^{16}/_{8}$ um 4^{00} sind durch Interpolation gefunden. Bei der Interpolation wurden die Beobachtungen aus den Serienmessungen benutzt. Die Mittelwerte der in den Tabellen 3 und 4 angegebenen Beobachtungen betragen für »Hunte« 11°,69 und für »Japetus Steenstrup« 7°,93.

Berechnung der viertelstündlichen und stündlichen Mittel der Tiefe der Isothermfläche 11°,7 für „Hunte“ und der Isothermfläche 8°,0 für „Japetus Steenstrup“. Die Temperaturen 11°,7 und 8°,0 sind abgerundete Werte für die Mittelwerte 11°,69 und 7°,93. Die mittleren Tiefen der genannten Isothermflächen sind deshalb für »Hunte« und für »Japetus Steenstrup« sehr nahe 22,5 m und 26,0 m gewesen. Die Berechnung der viertelstündlichen Mittel der Tiefe der Isothermflächen wurde durch die viertelstündlichen Mittel der gemessenen Temperaturen (Tabellen 3 und 4) vorgenommen. Es wurden hierbei aus den Serienmessungen gewonnene Werte der senkrechten Temperaturgradienten benutzt. Die Tiefen der Isothermflächen verstehen sich als die Abstände von der Meeresoberfläche ohne Rücksicht auf die Hebung und Senkung derselben.

Tabelle 4.

Viertelstündliche Mittelwerte der Temperaturmessungen von »Japetus Steenstrup«. Vom 15. bis 17. August 1931 in 26 m Tiefe auf 56°22',4 N. 12°02',5 E. Mittelwert sämtlicher Messungen 7°,93.

Stunde	Minuten												Stunde	Minuten											
	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45		0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45
	15. August				16. August				17. August					15. August				16. August				17. August			
0	..	..	..	..	[8.4	8.4	8.4	8.4	8.1	8.0	7.6	7.6	12	..	..	..	..	7.5	7.3	7.2	7.2	7.9	7.9	7.9	8.0
1	..	..	..	..	8.5	8.6	8.6	8.6	7.3	7.4	7.5	7.6	13	..	..	..	..	7.4	7.3	7.5	7.6	8.1	8.2	8.3	8.3
2	..	..	..	..	8.4	8.2	7.9	7.6	7.3	7.4	7.7	7.7	14	..	..	..	8.5	7.4	7.2	7.2	7.2	8.2	7.9	7.9	7.9
3	..	..	..	..	7.6	7.5	7.5	7.5	7.7	7.8	7.9	7.8	15	8.5	8.5	8.4	8.7	7.2	7.4	7.4	7.1	7.9	7.9	7.9	7.9
4	..	..	..	..	7.6]	7.7	7.8	8.4	7.3	7.4	7.6	7.6	16	8.4	8.2	8.1	8.1	6.9	6.9	6.8	6.8	8.0	8.0	7.9	7.9
5	..	..	..	..	8.5	8.6	8.4	8.5	7.6	7.7	7.6	7.7	17	8.1	8.2	8.3	8.3	6.8	6.8	6.9	6.9	7.9	7.9	8.0	8.0
6	..	..	..	..	8.6	8.6	8.2	8.1	7.6	7.5	7.7	7.8	18	8.3	8.4	8.6	8.6	6.8	6.8	6.9	6.7	8.3	8.7	8.7	
7	..	..	..	..	8.0	8.1	8.1	8.3	8.0	8.0	8.1	8.1	19	8.7	8.8	8.6	8.2	6.8	6.6	7.2	7.3				
8	..	..	..	..	8.4	8.0	8.2	8.2	8.0	7.9	7.8	7.7	20	8.2	8.2	8.4	8.6	7.4	7.4	7.8	8.0				
9	..	..	..	..	8.4	8.5	8.3	8.1	7.8	8.0	8.0	8.0	21	8.3	8.5	8.8	8.9	8.2	8.4	8.6	8.6				
10	..	..	..	..	7.9	8.0	7.7	7.8	7.7	7.3	7.2	7.5	22	9.1	9.1	9.0	8.9	8.3	8.5	8.7	8.6				
11	..	..	..	..	7.9	7.7	7.6	7.5	7.6	7.4	7.5	7.8	23	8.8	8.6	8.5	8.4	8.2	8.6	8.4	8.3				

Die Bestimmung der Temperaturgradienten geschah in folgender Weise. Für »Hunte« bezeichnen wir zwei gleichzeitig gemessene Temperaturen in 20 und 25 m Tiefe mit t_{20} und t_{25}. Der Gradient $^{1}/_{5}(t_{20}—t_{25})$ wurde dann für jede Stunde berechnet, und durch lineare Interpolation wurde der Gradient für jede der in Tab. 3 angegebenen Viertelstunden gefunden.

Für »Japetus Steenstrup« bezeichnen wir die ungefähr gleichzeitig gemessenen Temperaturen in den Tiefen 25, 26, 27 und 28 m mit t_{25}, t_{26}, t_{27} und t_{28}. Mittels der vorliegenden Messungen wurde dann der Gradient für jede zweite Stunde berechnet, entweder durch $^{1}/_{2}(t_{25}—t_{27})$, wenn Messungen aus 25 oder 27 m vorlagen, oder durch $^{1}/_{2}(t_{25}—t_{26}) + {}^{1}/_{6}(t_{25}—t_{28})$, wenn Messungen aus 25, 26 und 28 m vorlagen. Durch lineare Interpolation wurde danach der Gra-

dient für jede der in Tab. 4 angegebenen Viertelstunden gefunden. Nachdem die viertelstündlichen Werte der Gradienten sowohl für »Hunte« wie für »Japetus Steenstrup« gefunden waren, erfolgten die Bestimmungen der viertelstündlichen Mittel der Tiefe der Isothermflächen durch lineare Interpolation.

Die gefundenen viertelstündlichen Mittel für die Tiefen der Isothermflächen 11°,7 für »Hunte« und 8°,0 für »Japetus Steenstrup« wurden als Grundlagen für die weitere Behandlung des Materials benutzt. In Fig. 4 ist eine Übersicht darüber gegeben, wie die Tiefen der Isothermflächen sich mit der Zeit geändert haben. Bei der Konstruktion von Fig. 4 sind Stundenmittel benutzt, die aus den Viertelstundenmitteln berechnet waren. Auf Fig. 4 sind auch Stundenmittel für den Wasserstand bei Hornbæk abgesetzt.

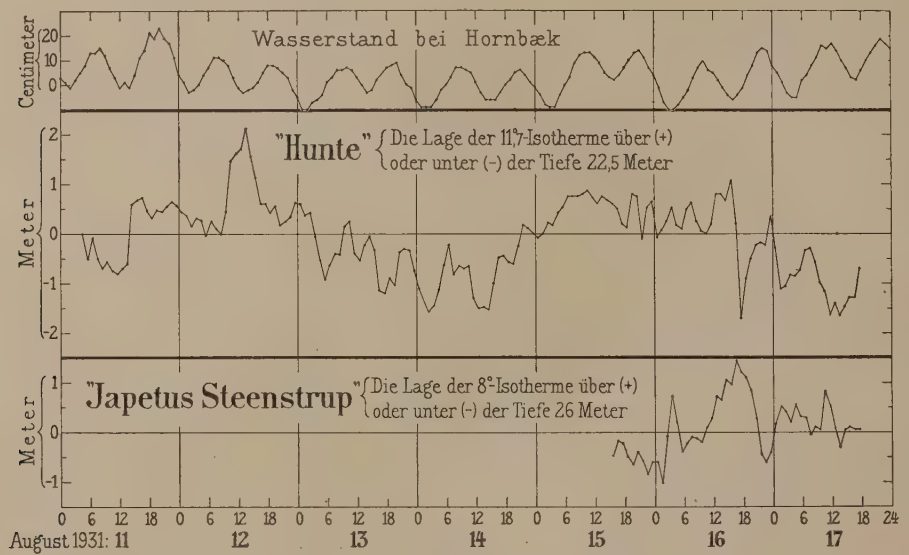
Centimeter
Wasserstand bei Hornbæk
"Hunte"
Die Lage der 11,7-Isotherme über (+) oder unter (-) der Tiefe 22,5 Meter
Meter
"Japetus Steenstrup"
Die Lage der 8°-Isotherme über (+) oder unter (-) der Tiefe 26 Meter
August 1931: 11 12 13 14 15 16 17

Fig. 4.

Vorläufige Übersicht über die Veränderungen der Tiefe der Isothermflächen. Betrachtet man auf Fig. 4 die Kurven für die Höhe der Isothermflächen, erhält man den Eindruck, dass die Hebungen und Senkungen der Flächen von periodischer Natur sind. Ob die Hebungen und Senkungen von Vertikal- oder Horizontalbewegungen oder von beiden Bewegungen zusammen herrühren, lässt sich von vornherein nicht feststellen. Die Serienbeobachtungen der 5 Schiffe, die an der Kattegatsexpedition teilnahmen, scheinen darauf zu deuten, dass die schräge Stellung der isothermen Flächen in Verbindung mit alternierenden horizontalen Strömen Hebungen und Senkungen von der beobachteten Grössenordnung hervorbringen könnte. Wahrscheinlich sind die Variationen in der Lage der isothermen Flächen teils auf vertikale, teils auf horizontale Bewegungen der Wassermassen zurückzuführen. Ein Vergleich der beiden Kurven in Fig. 4 zeigt keine deutliche Übereinstimmung zwischen den Hebungen und Senkungen bei »Hunte« und »Japetus Steenstrup«. Dass die beiden Kurven in dem letzten Teil ihres Verlaufes in entgegengesetzter Phase zu sein scheinen, kann ein Zufall sein.

Die einzelnen Temperaturbeobachtungen, die zur Berechnung der in Tab. 3 und 4 angegebenen viertelstündlichen Mittel benutzt sind, zeigten im allgemeinen innerhalb jeder

Viertelstunde keine grossen Sprünge. Einzelne Ausnahmen waren jedoch vorhanden. So wurden z. B. von »Japetus Steenstrup« am $^{16}/_{8}$ in der Tiefe 26 m folgende Temperaturen beobachtet:

Zeitangabe:	7^{55}	7^{56}	7^{57}	7^{58}	7^{59}	8^{00}	8^{01}	8^{02}	8^{03}	8^{04}	8^{05}	8^{06}
Temperatur:	8,1	8,2	8,6	9,0	8,5	8,5	8,8	9,1	8,8	8,3	8,1	7,9

Zu der Zeit, als diese Beobachtungen gemacht wurden, war der Gradient gross. Während der Serienmessungen um 8^{16} wurde in 25 m Tiefe 10°,36, in 27 m Tiefe 7°,17 beobachtet. Vorausgesetzt, dass die Temperatur mit der Tiefe linear variiert, ergibt sich ein Gradient von 1°,6 per Meter. Man kann daher vermuten, dass eine Isothermfläche in einer Tiefe von ungefähr 26 m innerhalb des oben angegebenen Zeitraumes sich im Laufe von 3—4 Minuten ca. $^{3}/_{4}$ m gesenkt bezw. gehoben hat. Bei dieser Berechnung ist die früher erwähnte Trägheit des elektrischen Thermometers nicht in Betracht gezogen, und es ist daher anzunehmen, dass die Hebung und Senkung noch grösser als $^{3}/_{4}$ m gewesen ist. Die Voraussetzung, dass die Temperatur von 25 bis 27 m linear mit der Tiefe variiert, ist natürlich unsicher, weshalb auch die Berechnung der Tiefenvariation der Isothermfläche unsicher wird. Es ist eine in diesem Zusammenhang bemerkenswerte Tatsache, dass am $^{16}/_{8}$ um 8^{00} Donner gehört wurde; es könnten also möglicherweise die beobachteten grossen Niveauveränderungen der Isothermfläche damit in Verbindung stehen.

Gezeitenbewegungen im Kattegat. Die in dieser Abhandlung behandelten Hebungen und Senkungen der isothermen Flächen lassen sich teilweise auf Gezeitenbewegungen zurückführen. Die vorherrschende Periode in der Gezeitenbewegung im Kattegat ist die M_2-Periode, aber da die Beobachtungsserien so kurz sind, kann diese Periode nicht allein ausgeschieden werden. Scheidet man aus dem Material eine Periode aus von der Periodenlänge 12,42 Sonnenstunden — d. h. der Periodenlänge der M_2-Periode — werden sich ausser M_2 auch die anderen halbtägigen Perioden und besonders S_2 und N im Resultat bemerkbar machen. Um den Einfluss der Perioden S_2 und N auf eine ausgeschiedene Periode von der Periodenlänge 12,42 Sonnenstunden in Betracht zu ziehen, wollen wir die etwas willkürliche Voraussetzung machen, dass die M_2-, S_2- und N-Perioden sich in den Hebungen und Senkungen der Isothermflächen in derselben Weise geltend machen wie im Wasserstand. Durch die bekannten Gezeitenkonstanten für den Wasserstand kann man dann berechnen, wie die Amplitude und die Phase einer Periode von 12,42 Sonnenstunden für die betrachteten Zeiträume von der Amplitude und der Phase der M_2-Periode abweichen.

Die Perioden, während welcher die Messungen mit dem elektrischen Thermometer von »Hunte« und von »Japetus Steenstrup« stattfanden, waren, wie erwähnt, vom $^{11}/_{8}$ bis zum $^{17}/_{8}$ und vom $^{15}/_{8}$ bis zum $^{17}/_{8}$, und für diese Perioden wollen wir nun die periodischen Schwankungen im Wasserstand im südlichen Kattegat näher betrachten.

Nach C. Crone[1]) sind die Gezeitenkonstanten von M_2, S_2 und N für Hornbæk die folgenden:

M_2		S_2		N	
H	K	H	K	H	K
6,8 cm	260°	2,3 cm	224°	2,1 cm	213°

Setzt man die drei Partialwellen M_2, S_2 und N zusammen, erhält man eine zusammengesetzte Welle, deren Amplitude und Phase für die Zeiträume $^{11}/_{8}$—$^{17}/_{8}$ und $^{15}/_{8}$—$^{17}/_{8}$ folgendermassen angegeben werden können:

[1]) C. Crone: Flux et reflux des mers qui environnent le Danemark etc. Rapport sur les travaux du service maréographique. Institut météorologique de Danemark, Copenhague, 1906.

Zeitraum	Halbe Amplitude cm	Verspätung — in M_2-Graden — des Maximums der zusammengesetzten Welle im Verhältnis zur Kulmination des fiktiven M_2-Gestirnes:
$^{11}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	8,7	239°
$^{15}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	8,1	234°

Die Gezeitenbewegung für die betrachteten Perioden muss daher stärker gewesen sein als für die von der M_2-Welle allein hervorgebrachte Bewegung. Ferner hat der Wasserstand sein Maximum früher (ca. 0,8 Sonnenstunden) erreicht als derjenige der M_2-Welle. Es sei hier erwähnt, dass am $^{13}/_{8}$ Neumond war.

Während der Kattegatsuntersuchungen wurden bei Hornbæk, Hesselø und Anholt Wasserstandsmessungen vorgenommen. Für die Zeiträume $^{11}/_{8}$—$^{17}/_{8}$ und $^{15}/_{8}$—$^{17}/_{8}$ wurden diese Messungen benutzt für die Ausscheidung einer Periode von gleicher Länge wie die M_2-Periode (12,42 Sonnenstunden). Die Berechnungen ergaben folgendes Resultat:

Zeitraum	Station	Halbe Amplitude cm	Verspätung — in M_2-Graden — des Maximums der ausgeschiedenen Periode im Verhältnis zur Kulmination des fiktiven M_2-Gestirnes.
$^{11}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	Anholt	8,3	216°
	Hesselø	7,6	243°
	Hornbæk	7,4	246°
$^{15}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	Anholt	10,0	194°
	Hesselø	9,2	221°
	Hornbæk	8,4	226°

Die aus den Beobachtungen gewonnenen Werte für die Amplitude und Phase des Wasserstandes bei Hornbæk innerhalb der genannten Perioden — $^{11}/_{8}$ bis $^{17}/_{8}$ und $^{15}/_{8}$ bis $^{17}/_{8}$ — stimmen recht gut überein mit den aus C. Crones Konstanten gefundenen Werten. Ferner sieht man, dass der Phasenunterschied zwischen Anholt und Hornbæk für beide Zeitperioden im Mittel 31° ist. Auch dieses stimmt gut überein mit den Ergebnissen, zu denen C. Crone für das Fortschreiten der Gezeitenwelle im Kattegat gekommen ist[1]).

Die Positionen für »Hunte« und »Japetus Steenstrup« waren beinahe mitten zwischen Anholt und Hornbæk, und für die Perioden $^{11}/_{8}$ bis $^{17}/_{8}$ und $^{15}/_{8}$ bis $^{17}/_{8}$ können wir daher damit rechnen, dass der Wasserstand bei »Hunte« und »Japetus Steenstrup« sich mit den Gezeiten geändert hat, wie es in Tab. 5 angegeben ist.

Tabelle 5.

Periode von 12,42 Sonnenstunden im Wasserstand an den Stationen für »Hunte« und »Japetus Steenstrup«.

Zeitraum	Halbe Amplitude cm	Verspätung — in M_2-Graden — des Maximums des Wasserstandes im Verhältnis zur Kulmination des fiktiven M-Gestirnes.
$^{11}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	8	231°
$^{15}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	9	210°

[1]) Siehe die Karte S. 27 in der oben genannten Abhandlung von C. Crone.

Es ist von Interesse, diese Schätzungen der Amplitude und Phase der halbtägigen Gezeitenbewegung im Beobachtungsgebiet von »Hunte« und »Japetus Steenstrup« mit den Hochseepegelbeobachtungen, die kürzlich von H. Rauschelbach[1]) veröffentlicht worden sind, zu vergleichen. Die Position des »Poseidon«, von dem die genannten Pegelbeobachtungen ausgeführt wurden, wich nur 6 bezw. 2,5 Seemeilen von den Positionen von »Hunte« und »Japetus Steenstrup« ab.

Rauschelbach hat die unten angegebenen Zeitpunkte (M. E. Z.) für das Eintreffen des Hochwassers gefunden. Die Hochwasserintervalle, d. h. die Anzahl von Sonnenstunden vom Durchgang des Mondes durch den Meridian des Poseidon bis zum Eintreffen des Hochwassers waren dann wie gleichfalls unten angeführt.

Datum	Zeitpunkte (M.E.Z.) für das Eintreffen des Hochwassers	Hochwasserintervall		
Aug. 12	17^h56^m	6^h54^m		
13	8 44	9 12		
»	19 36	7 36		
14	8 29	8 00		
»	20 45	7 49		Mittel:
15	9 44	8 22		7^h41^m
»	20 45	6 57		
16	9 48	7 34	Mittel:	
»	21 52	7 13	7^h14^m	
17	10 16	7 12		

Bei Mittelbildung der Werte der Hochwasserintervalle für die ganze Beobachtungsperiode und für die Periode $^{15}/_{8}$ 20^h45^m bis $^{17}/_{8}$ 10^h16^m erhält man 7^h41^m bezw. 7^h14^m oder in M_2-Graden ausgedrückt 223° bezw. 210°. Diese Werte stimmen recht gut mit den oben in Tabelle 5 angeführten Werten der Verspätung für die Perioden $^{11}/_{8}$—$^{17}/_{8}$ und $^{15}/_{8}$—$^{17}/_{8}$.

Für die ganze Beobachtungszeit mit dem Hochseepegel war die Hälfte des mittleren Unterschiedes zwischen Hoch- und Niedrigwasser 9,6 cm und für die Periode $^{15}/_{8}$ 20^h45^m bis $^{17}/_{8}$ 10^h16^m 10,4 cm. Diese Werte sind etwas grösser als die in Tabelle 5 angegebenen Werte der halben Amplitude. Dieses mag dadurch erklärt werden, dass die Werte in Tabelle 5 wegen des Ausgleiches etwas zu klein ausgefallen sind. Es scheint nach diesem Vergleich, dass der Wasserstand in freier See sich in der Weise verändert hat, wie es nach den Wasserstandsbeobachtungen an den Küsten zu vermuten war.

Das Ausscheiden einer halbtägigen Periode von 12,42 Sonnenstunden aus dem Material von „Hunte“ und „Japetus Steenstrup“. Für das Material beider Schiffe wurde der Zeitpunkt 12^{00} M. E. Z. am $^{16}/_{8}$ als Ausgangspunkt benutzt. Wie oben erwähnt, war die Höhe der 11°,7-Isotherme (»Hunte«) bezw. der 8°,0-Isotherme (»Japetus Steenstrup«) für jede Viertelstunde berechnet. Diese viertelstündlichen Mittel wurden nach M_2-Stunden geordnet und zur Berechnung von Mitteln für die Uhrzeiten 0. 1. 2. . . 11 nach M_2-Zeit verwendet. Die Berechnungen ergaben die in Tab. 6 aufgeführten Resultate.

[1]) H. Rauschelbach: Die Hochseepegelbeobachtungen im südlichen Kattegat im August 1931. Ann. d. Hydr., Jahrg. LXII, S. 177 u. 233. Berlin 1934.

Tabelle 6.

Mittlere Höhen, in cm, der 11°,7-Isothermfläche im Verhältnis zur Tiefe 22,5 m (»Hunte«) und mittlere Höhen, in cm, der 8°,0-Isothermfläche im Verhältnis zur Tiefe 26 m (»Japetus Steenstrup«) zu den Zeiten 0. 1. 2. . . 11 M_2-Stunden mit dem Zeitpunkt 12^{00} M.E.Z. am $^{16}/_{8}$ als Ausgangspunkt.

Material von	M_2-Stunden											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
»Hunte«, $^{11}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	16	1	3	11	5	—13	5	—1	— 6	—15	—11	9
»Japetus Steenstrup« $^{15}/_{8}$—$^{17}/_{8}$	—6	0	2	31	42	23	10	—1	—17	—31	—24	—29

Aus Tabelle 6 lässt sich die halbe Amplitude R und die Phase φ berechnen. Man erhält:

für »Hunte« ..... $R = 7{,}8$ cm $\varphi = 53°$
» »Japetus Steenstrup« ..... $R = 30{,}4$ » $\varphi = 117°$

Am $^{16}/_{8}$ kulminierte das fiktive M_2-Gestirn um 14^{32} M.E.Z. und bei Vergleich mit den in Tab. 5 angegebenen periodischen Veränderungen des Wasserstandes ersehen wir, dass die Maximalhöhe der isothermen Flächen

für »Hunte« ..... $360 + 53 - 73 - 231 = 109$ M_2-Grade und
für »Japetus Steenstrup« ..... $360 + 117 - 73 - 210 = 194$ M_2-Grade

später eintraf als der Maximalwert des Wasserstandes.

Für »Japetus Steenstrup« ist die Hebung der Isothermfläche ungefähr in entgegengesetzter Phase der Hebung der Oberfläche gefunden. Dies gilt nicht für »Hunte«, wo die Maximalhöhe der Isothermfläche ca. 3 Stunden vor der Maximalhöhe der Isothermfläche bei »Japetus Steenstrup« eintreffen sollte. Wegen der Kürze der Beobachtungsperiode bei »Japetus Steenstrup« und des geringen Wertes der Amplitude bei »Hunte« darf man jedoch die gefundenen Konstanten nicht als festgelegt ansehen.

Periodische Hebungen und Senkungen der Isothermflächen bei „Hunte“ und „Japetus Steenstrup“ mit Perioden, die von der halbtägigen Periode von ca. 12,4 Sonnenstunden abweichen.

1.) Periode von $10^1/_3$ Sonnenstunden.

Bei Betrachtung der Fig. 4 fällt es auf, dass Hebungen und Senkungen der Isothermflächen mit einer Periodenlänge von ca. 10 Sonnenstunden vorkommen. Bei genauerer Untersuchung wurde die Länge dieser Periode auf $10^1/_3$ Sonnenstunden geschätzt. Um eine solche Periode auszuscheiden, wurden die viertelstündlichen Mittel der Höhe der Isothermflächen nach Intervallen von ein Zwölftel der Periodenlänge $10^1/_3$ Stunde geordnet. Als Ausgangspunkt wurde der Zeitpunkt 12^{00} M.E.Z. am $^{16}/_{8}$ benutzt. Es wurden Mittel gebildet von den viertelstündlichen Mitteln, die sich in gleicher Phase befanden. Abgesehen von einer konstanten Grösse, die für jedes der genannten Schiffe von den gefundenen Mitteln abgezogen oder ihnen zugelegt wurde, hatten sie die in Tabelle 7 angegebenen Werte.

Tabelle 7.

Material von:	Zwölftel der Periode $10^1/_3$ Sonnenstunden											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
»Hunte« $^{11}/_8$, 6^{45}—$^{17}/_8$, 17^{30}..	17	12	9	0	—22	—23	—38	—16	—4	17	31	17
»Japetus Steenstrup« $^{15}/_8$, 14^{45} —$^{17}/_8$, 17^{30}.....	—37	—2	30	37	1	8	6	13	2	—8	—13	—37

Das Material, das für die Tab. 7 benutzt ist, umfasst 15 bezw. 5 Perioden von $10^1/_3$ Stunden, und weil 5 solche Perioden ungefähr gleich 4 Perioden von 12,4 Stunden sind, kann man davon ausgehen, dass der Einfluss der M_2-Periode bei der Mittelbildung im wesentlichen eliminiert ist. Aus den mittleren Werten der Tab. 7 erhält man folgende Werte für die halbe Amplitude R und die Phase φ — berechnet vom Zeitpunkt 12^{00} M.E.Z. am $^{16}/_8$.

»Hunte« ..... $R = 26$ cm $\varphi = 338°$
»Japetus Steenstrup« ..... $R = 22$ » $\varphi = 132°$

Es ist bemerkenswert, dass die Periode von $10^1/_3$ Sonnenstunden verhältnismässig stark erscheint und ferner, dass ihr Maximum 4,4 Sonnenstunden später bei »Japetus Steenstrup« als bei »Hunte« eintrifft. Über die Ursache der Periode wird es vermutlich schwer sein, auf Grundlage des vorliegenden Materiales etwas Bestimmtes zu sagen. Sie mag zurückzuführen sein auf ein Seichesphänomen ähnlicher Art wie die später erwähnte Periode von ca. 4 Stunden. Möglicherweise kann sie auch mit dem unten erwähnten Trägheitsstrom in Verbindung stehen.

2.) Periode von 14,37 Sonnenstunden.

Infolge der Erdrotation wird ein Wasserpartikel, das die Geschwindigkeit v hat, und das nur von senkrechten Kräften beeinflusst wird, sich in einem Kreise bewegen. Bezeichnet ω die Winkelgeschwindigkeit der Erde und φ die örtliche Breite, wird der Radius r des Kreises bestimmt durch

$$r = \frac{v}{2\,\omega \sin \varphi}.$$

Die Umlaufszeit T des Partikels wird $^1/_2$ Pendeltag sein, der bestimmt ist durch

$$T = \frac{\pi}{\omega \cdot \sin \varphi}.$$

Für die Breiten, in denen die Beobachtungen von »Hunte« und »Japetus Steenstrup« gemacht worden sind, ist: $T = 14{,}37$ Sonnenstunden.

Mit dem Zeitpunkt 12^{00} M.E.Z. am $^{16}/_8$ als Ausgangspunkt wurden die Stundenmittel der Höhe der Isothermflächen 11°,7 und 8°,0 bei »Hunte« und »Japetus Steenstrup« nach Zwölfteln der Periode 14,37 Sonnenstunden geordnet. Das Material von »Hunte« und »Japetus Steenstrup« enthielt 11 bezw. 3 ganze Perioden von 14,37 Sonnenstunden. Es wurden mittlere Zahlen gebildet von den Stundenmitteln, die in gleicher Phase waren. Abgesehen von einer konstanten Grösse, die von den gefundenen Mitteln abgezogen oder ihnen zugelegt wurde, waren diese wie in Tab. 8 angegeben.

Tabelle 8.

Material von	Zwölftel der Periode 14,37 Sonnenstunden											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
»Hunte« $^{11}/_{8}$, 5^{00}—$^{17}/_{8}$, 17^{00} ..	—13	3	16	39	13	11	—8	—9	—13	—21	—6	—12
»Japetus Steenstrup« $^{15}/_{8}$, 21^{00} —$^{17}/_{8}$ 15^{00}	2	—12	13	—8	24	50	10	7	—32	—48	—16	10

Aus den mittleren Werten der Tab. 8 erhält man folgende Werte für die halbe Amplitude R und die Phase φ — berechnet vom Zeitpunkt 12^{00} M.E.Z. am $^{16}/_{8}$ —

»Hunte« ..... $R = 20$ cm $\varphi = 95°$
»Japetus Steenstrup« ..... $R = 23$ » $\varphi = 115°$

Die beträchtliche Grösse der ausgeschiedenen Periode deutet darauf hin, dass die Periode eine Realität ist. Doch darf man kaum viel Wert darauf legen, dass die Konstanten für die beiden Schiffe ziemlich genau übereinstimmen; wie erwähnt, umfasst das Material von »Japetus Steenstrup« nur 3 ganze Perioden.

3.) Periode von ca. 4 Sonnenstunden.

Bekanntlich weist der Wasserstand und der Strom im südlichen Kattegat Schwankungen von einer Periodenlänge von ca. 4 Sonnenstunden auf. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist diese Periode ein Seichesphänomen.

Bei einer Analyse von Strommessungen vom Feuerschiff »Lappegrund« vom $^{1}/_{9}$ 1909 bis zum $^{22}/_{11}$ 1909 habe ich früher gefunden[1]), dass die M_6-Periode, d. h. eine Periode von 4,14 Sonnenstunden besonders stark hervortritt. Die genannten Strommessungen wurden Tag und Nacht jede vierte Stunde in den Tiefen $2^{1}/_{2}$, 5, 10, 15, 20 und 23 m ausgeführt. Besonders in den Tiefen $2^{1}/_{2}$ und 5 m war die Amplitude der erwähnten Periode beträchtlich und zwar um ein mehrfaches grösser als die Amplitude der M_2-Periode. In Fig. 5 ist eine Figur der oben zitierten Abhandlung wiedergegeben. Die Punkte in der Figur zeigen die Mittelwerte der gemessenen Ströme zu den Zeitpunkten $^{1}/_{2}$, $1^{1}/_{2}$ . . . $11^{1}/_{2}$ M_2-Stunden nach der Kulmination des fiktiven Gestirnes. Die punktierte Kurve gibt die berechnete M_2-Periode an.

Bei einer Untersuchung der während des Sturmes am $^{15}/_{1}$ und $^{16}/_{1}$ 1916 registrierten Werte des Wasserstandes bei Hornbæk und Aarhus hat D. la Cour[2]) gefunden, dass die Schwankungen des Wasserstandes an beiden Orten Perioden von ca. 4 Stunden in entgegengesetzter Phase aufwiesen.

Fig. 6 ist die Wiedergabe einer Figur in la Cours Abhandlung. Die zwei Kurven geben die Veränderung des Wasserstandes für Hornbæk und Aarhus im Laufe von 2 Stunden — gerechnet von einer Stunde vor bis zu einer Stunde nach den in der Figur angegebenen Zeitpunkten. Man sieht, dass anfänglich die Periodenlängen an den beiden Orten ca. 4 Stunden betragen und dass die Schwankungen entgegengesetzt gerichtet sind. Die letzten der gezeigten Schwankungen sind von geringerer Grösse und weniger regelmässig als die ersten. D. la Cour hat das

[1]) J. P. Jacobsen: Strommessungen in der Tiefe in dänischen Gewässern. Medd. fra Kom. for Havunders., Serie Hydrografi Bd. II. No. 3. København 1913.

[2]) D. la Cour: Abnorme Vandstandsforhold i de danske Farvande — Vandstandsforholdene den 15.—16. Januar 1916. Meddelelser fra det danske meteorologiske Institut. Nr. 4. København 1917.

Phänomen in der Weise erklärt, dass das Wasser im südlichen Kattegat eine schaukelnde Bewegung in der Richtung Ost—West ausgeführt hat.

Es muss angenommen werden, dass das Wasser im südlichen Kattegat durch eine äussere

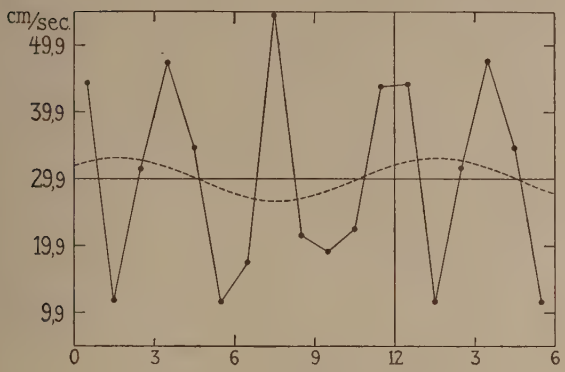

Fig. 5.

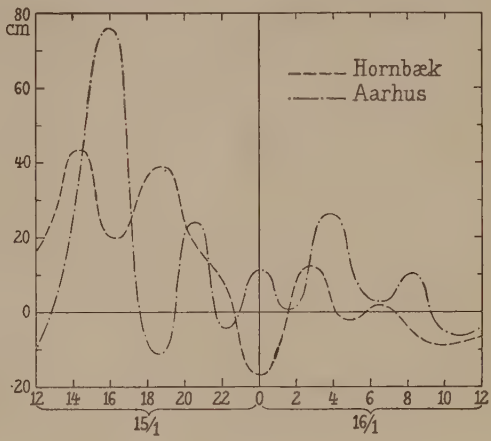

Fig. 6.

Ursache (z. B. den Wind) in eine schaukelnde Bewegung gesetzt werden kann. Ferner muss man annehmen, dass ein einmal hervorgebrachtes Schaukeln nach und nach abklingt und dass dann später ein Schaukeln in einer anderen Phase entstehen kann. Diejenigen schaukelnden Bewegungen, die in Übereinstimmung mit den Gezeiten sind, können dann durch diese unterhalten oder wohl auch verstärkt werden.

In den Hebungen und Senkungen der Isothermflächen bei »Hunte« und »Japetus Steenstrup« ist zweifellos zu gewissen Zeiten auch eine Periode von ca 4 Stunden vorhanden gewesen. Es ist vielleicht möglich, dass diese Periode der Hebungen und Senkungen der Isothermflächen auf eine Periode in den horizontalen Bewegungen des Wassers in Verbindung mit einer schrägen Stellung der Isothermflächen zurückzuführen ist. Auf Grund der Phasenschwankungen und infolge der Natur der Bewegungen darf man keine so ausgesprochene Regelmässigkeit für längere Zeit erwarten, wie sie in kürzeren Zeitintervallen häufig vorhanden ist.

Unter den Versuchen, die gemacht sind, um eine Periode von ca. 4 Stunden in den Hebungen und Senkungen der Isothermflächen auszuscheiden, wollen wir das Ausscheiden einer Periode von $4^1/_2$ Sonnenstunden im Material von »Hunte« vom $^{15}/_8$ um 18^{00} bis zum $^{16}/_8$ um 11^{45} erwähnen. Die Höhen der Isothermfläche 11°,7 während der einzelnen Viertelstunden wurden nach Perioden von 18 Viertelstunden geordnet. Die Mittelwerte der Höhen derselben Phase mit 12^{00} am $^{16}/_8$ als Ausgangspunkt wurden berechnet und sind in Tab. 9 aufgeführt.

Tabelle 9.

Mittelwerte der Höhen der Isothermfläche 11°,7 für »Hunte« vom $^{15}/_8$ um 18^{00} bis zum $^{16}/_8$ um 11^{45} M.E.Z. für eine Periode von $4^1/_2$ Sonnenstunden. Als Ausgangspunkt war 12^{00} M.E.Z. am $^{16}/_8$ benutzt.

Viertelstunde....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Höhe in cm.....	45	51	49	39	12	—1	—16	—25	—12	—20	—32	—19	12	26	29	20	32	48

Aus den Mittelwerten in Tab. 9 findet man:

Halbe Amplitude ..... 37 cm
Phase mit 12^{00} M.E.Z. am $^{16}/_{8}$ als Ausgangspunkt ..... 354°

In Fig. 7 sind die viertelstündlichen Mittelwerte der Höhen der Isothermfläche 11°,7 für »Hunte« für die Zeit vom $^{15}/_{8}$ um 14^{00} bis zum $^{16}/_{8}$ um 12^{00} eingetragen. Man sieht, dass sich die Isothermfläche 11°,7 für »Hunte« vom $^{15}/_{8}$ um 16^{45} bis zum $^{15}/_{8}$ um 19^{30} $1^{3}/_{4}$ m gesenkt hat. Diese Senkung ist wahrscheinlich dadurch entstanden, dass der Wind am $^{15}/_{8}$ zwischen 13^{00} und 18^{00} seine Richtung änderte. Die späteren Hebungen und Senkungen mit der Periode $4^{1}/_{2}$

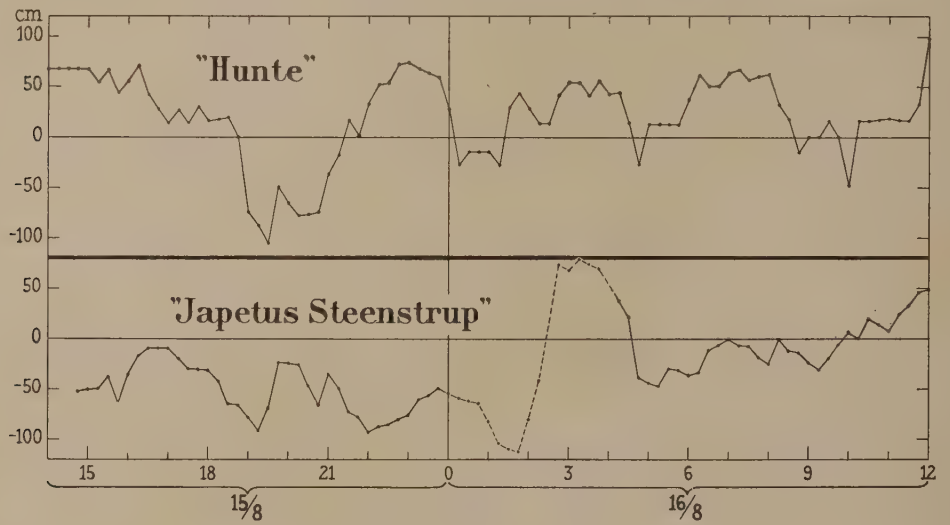

Fig. 7.

Stunden werden dann als Folge der Eigenschwingungen der Wassermassen im südlichen Kattegat erklärlich, in Analogie mit den von la Cour gefundenen Schwingungen.

In Fig. 7 sind auch viertelstündliche Mittelwerte der Höhen der Isothermfläche 8°,0 für »Japetus Steenstrup« eingetragen. Man sieht, dass am $^{15}/_{8}$ von 16^{15} bis 19^{15} bei »Japetus Steenstrup« eine Senkung der Isothermfläche 8°,0 stattgefunden hat, gleichzeitig mit der Senkung der 11°,7-Isothermfläche bei »Hunte«. Man darf wohl vermuten, dass die Senkung der Isothermfläche bei »Japetus Steenstrup« auch von der Winddrehung am $^{15}/_{8}$ bewirkt ist. Die daraus folgenden Hebungen und Senkungen der Isothermfläche bei »Japetus Steenstrup« sind unregelmässiger. Der punktierte Teil der Kurve für »Japetus Steenstrup« ist auf Grundlage der Serienmessungen konstruiert, weil für diesen Zeitzwischenraum keine Messungen mit dem elektrischen Thermometer vorlagen.

Zusammenfassung.

Während der Kattegatsexpedition im August 1931 wurden vom deutschen Untersuchungsschiff »Hunte« (56°26′,2 N., 11°53′,8 E.) in der Tiefe 22,5 m und vom dänischen Untersuchungsschiff »Japetus Steenstrup« (56°22′,4 N., 12°02′,5 E.) in der Tiefe 26 m die Temperaturen mit

kurzen Zeitintervallen (1—2 oder 4 Minuten) mittels elektrischer Thermometer bestimmt. Die Genauigkeit der Messungen war bei beiden Schiffen ca. 0,1 Grad. Mittels Serienmessungen, die von »Hunte« aus jede Stunde mit Kippthermometer und von »Japetus Steenstrup« aus jede zweite Stunde mit isoliertem Wasserschöpfer und darin eingesetztem Thermometer ausgeführt wurden, wurde der Temperaturgradient in der Tiefe der elektrischen Thermometer bestimmt.

Die Temperaturmessungen mit den elektrischen Thermometern in Verbindung mit den aus den Serienmessungen berechneten Gradienten ergaben, dass die Isothermfläche 11°,7 für »Hunte« (Tiefe ca. 22,5 m) und die Isothermfläche 8°,0 für »Japetus Steenstrup« (Tiefe ca. 26 m) periodischen vertikalen Schwankungen unterworfen waren. Eine Übersicht über diese Schwankungen während der Zeit der Messungen ist in Fig. 4 gegeben. Es ist versucht, aus dem Material verschiedene Perioden auszuscheiden. Die Ergebnisse sind zwar nicht als sicher erwiesene Tatsache zu betrachten, sie deuten aber doch darauf hin, dass ausser der Hauptperiode der Gezeitenbewegung (M_2-Periode) noch Perioden von der Dauer $10^1/_3$ und 14,37 Sonnenstunden vorhanden sind. Die letzte dieser Perioden wird durch die Trägheitsbewegung des Wassers in Verbindung mit der Erdrotation erklärt (14,37 Sonnenstunden sind an dem betrachteten Orte gleich $^1/_2$ Pendeltag).

Besonders kräftig hat sich eine Periode von 4 bis $4^1/_2$ Sonnenstunden in den Vertikalbewegungen der Isothermflächen erwiesen. Der Ursprung dieser Periode ist in einer schaukelnden Bewegung des Wassers im südlichen Kattegat zu suchen. In welchem Masse die Hebungen und Senkungen der Isothermflächen durch Vertikalbewegungen oder durch Horizontalbewegungen in Verbindung mit einer schrägen Stellung der Isothermflächen hervorgebracht sein können, konnte durch das vorhandene Material nicht entschieden werden.

Die Vertikalschwankungen der Isothermflächen innerhalb einer Viertelstunde waren gewöhnlich nur klein, konnten aber in einzelnen Fällen beträchtliche Werte erreichen. Gleichzeitig mit eintretendem Gewitter wurde im Laufe von 3 bis 4 Minuten eine Hebung und Senkung von $^3/_4$ m der Isothermfläche von »Japetus Steenstrup« beobachtet.

Die während der Kattegatsexpedition von »Hunte« und »Japetus Steenstrup« mit elektrischen Thermometern angestellten Temperaturmessungen sind wohl nicht von solchem Umfange, dass viele neue Tatsachen daraus gewonnen werden können; es steht aber ausser Zweifel, dass die elektrische Methode für Temperaturbestimmungen im Meere — und wohl auch für Salzgehaltsbestimmungen in ähnlicher Weise wie sie von M. Knudsen[1]) versucht worden sind — grosse Vorteile bietet. Besonders mit selbstregistrierenden Apparaten dieser Art dürfte man bei Untersuchungen von Feuerschiffen und fahrplanmässigen Dampfern gute Resultate erwarten.

Dansk Resumé.

Paa et Møde, som det internationale Raad for Havundersøgelser afholdt i London i 1929 vedtoges følgende Resolution:

For Studiet af Vandomsætningen mellem Nordsøen og Østersøen maa det anses for vigtigt at kende de periodiske Forandringer i Beliggenheden af Grænselaget mellem Overlag og Underlag i Kattegat og Belterne. Det anbefales derfor, at de Stater, som er særlig interesserede i disse Havomraader, nemlig Danmark, Tyskland og Sverige foretager en Undersøgelse i Fællesskab.

Til at organisere og gennemføre det med en saadan Undersøgelse forbundne Arbejde blev nedsat en Kommission bestaaende af Prof. B. Schulz, Tyskland (Formand), Dr. J. P.

[1]) Martin Knudsen: Maaling af Havvandets Temperatur og Saltholdighed ved Hjælp af elektrisk Telefonbro. Beretning fra Kom. for vid. Unders. af danske Farvande. København 1900.

Jacobsen, Danmark, Direktør Dr. A. C. Johansen, Danmark, Prof. Otto Pettersson, Sverige og Prof. R. Witting, Finland. Undersøgelserne til Søs fandt Sted i August 1931. Der deltog ialt 5 Skibe nemlig to tyske, eet svensk, eet finsk og eet dansk. Det indsamlede Materiale er delvist offentliggjort i den af det internationale Raad udgivne »Bulletin hydrographique«[1]), hvor der tillige af B. Schulz er givet en kort Oversigt over Undersøgelsernes Udstrækning og Resultater.

Det i Bulletin hydrographique offentliggjorte Materiale samt Materiale, der ikke er offentliggjort som Helhed, er overladt Videnskabsmænd i de forskellige Lande til Bearbejdelse.

Paa Ekspeditionen blev der udført Temperaturmaalinger med elektrisk Modstandstermometer fra det tyske Undersøgelsesskib »Hunte«, der paa Foranledning af Prof. A. Defant, Institut für Meereskunde, Berlin, var udsendt under Ledelse af Dr. G. Böhnecke og fra det danske Undersøgelsesskib »Japetus Steenstrup«, der var udsendt af Kommissionen for Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser under Ledelse af Dr. J. P. Jacobsen. Under disse Maalinger var de nævnte Skibe forankret paa faste Stationer nemlig »Hunte« paa 56°26′,2 N., 11°53′,8 E. og »Japetus Steenstrup« paa 56°22′,4 N., 12°02′,5 E.

Maalingerne blev fra begge Skibe udført med korte Tidsmellemrum (1—2—4 Minutter) med en Maalenøjagtighed af ca. $^1/_{10}°$. Fra begge Skibe blev der udført Seriemaalinger af Temperaturen i forskellige Dybder, fra »Hunte« hver Time og fra »Japetus Steenstrup« hver anden Time. Ved Hjælp af Seriemaalingerne blev Temperaturforandringen pr. Meter bestemt for de Tidspunkter, da Seriemaalingerne blev taget. Temperaturmaalingerne med det elektriske Termometer kunde derefter benyttes til Bestemmelse af de Dybder, i hvilke Temperaturen paa »Hunte«s Station var 11°,7 (ca. 22,5 Meter) og de Dybder, i hvilke Temperaturen paa »Japetus Steenstrup«s Station var 8°,0 (ca. 26 Meter).

Paa Fig. 4 i nærværende Afhandling er givet en Oversigt over Forandringerne i de Dybder, i hvilke Temperaturerne 11°,7 paa »Hunte«s Station og 8°,0 paa »Japetus Steenstrup«s Station var at finde.

Det har vist sig, at Dybdeforandringen for de nævnte Temperaturer har været underkastet regelmæssige Svingninger af forskellig Varighed. En Svingning med en Varighed paa 4 à $4^1/_2$ Time var særlig fremtrædende. Den skyldes utvivlsomt en Skvulpen af Vandet i det sydlige Kattegat. Denne Skvulpen er tidligere paavist ad anden Vej af D. la Cour[2]).

Samtidig med at der hørtes Torden iagttoges fra »Japetus Steenstrup« en ejendommelig Forandring af Dybden for Temperaturen 8°. Forandringen beløb sig til ca. $^3/_4$ Meter i Løbet af 3 à 4 Minutter.

Temperaturmaalinger i Havet med elektrisk Modstandstermometer — og sikkert ogsaa Maalinger af Saltholdigheden ad elektrisk Vej, paa lignende Maade som det tidligere er forsøgt af M. Knudsen[3]), — vil utvivlsomt frembyde store Fordele. Ved at indrette selvregistrerende Apparater af denne Art paa Fyrskibe og Rutedampere maatte man kunne opnaa værdifulde Resultater.

[1]) Bulletin hydrographique du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer. Appendice du Volume pour l'année 1931.

[2]) D. la Cour: Abnorme Vandstandsforhold i de danske Farvande — Vandstandsforholdene den 15.—16. Januar 1916. Meddelelser fra det danske meteorologiske Institut Nr. 4. København 1917.

[3]) Martin Knudsen: Maaling af Havvandets Temperatur og Saltholdighed ved Hjælp af elektrisk Telefonbro. Beretning fra Kom. for vid. Unders. af danske Farvande. København 1900.

550. 15/II 35.

MEDDELELSER FRA KOMMISSIONEN FOR HAVUNDERSØGELSER

Serie: Hydrografi.

Bd. I, Nr. 1 MARTIN KNUDSEN: On the organisation of the Danish hydrographic researches. 1904. 7 p.

» I, » 2 H. J. HANSEN: Experimental determination of the relation between the freezing point of seawater and its specific gravity at 0° C. 1904. 10 p.

» I, » 3 N. BJERRUM: On the determination of Chlorine in sea-water and examination of the accuracy with which Knudsen's pipette measures a volume of sea-water. 1904. 11 p. Kr. 1.25.

» I, » 4 J. N. NIELSEN: Hydrography of the waters by the Faroe Islands and Iceland during the cruises of the Danish research steamer "Thor" in the summer 1903. 8 Plates. 1904. 29 p.

» I, » 5 NIELS BJERRUM: On the determination of Oxygen in sea-water. 1904. 13 p. Kr. 3.50.

» I, » 6 MARTIN KNUDSEN: Contribution to the Hydrography of the North Atlantic Ocean. 21 Plates. 13 p. Kr. 5.75.

» I, » 7 J. N. NIELSEN: Contributions to the Hydrography of the waters north of Iceland. 2 Plates. 28 p.

» I, » 8 J. P. JACOBSEN: Die Löslichkeit von Sauerstoff im Meerwasser durch Winklers Titriermethode bestimmt. 1905. 13 S. Kr. 2.00.

» I, » 9 J. N. NIELSEN: Contribution to the Hydrography of the north-eastern part of the Atlantic Ocean. 3 Plates. 1907. 25 p. Kr. 1.75.

» I, » 10 J. P. JACOBSEN: Mittelwerte von Temperatur und Salzgehalt. Bearbeitet nach hydrographischen Beobachtungen in dänischen Gewässern 1880—1907. 11 Tafeln. 1908. 28 S. Kr. 3.50.

» I, » 11 J. N. NIELSEN: Contribution to the understanding of the currents in the northern part of the Atlantic Ocean. 1 Plate. 1908. 15 p. Kr. 0.75.

» I, » 12 J. P. JACOBSEN: Der Sauerstoffgehalt des Meereswassers in den dänischen Gewässern innerhalb Skagens. 5 Tafeln. 1908. 23 S. Kr. 2.00.

Bd. I, Nr. 13 KIRSTINE SMITH: Gezeitenstroeme bei den Feurschiffen Vyl und Horns Rev. Mit 4 Textfiguren. 1910. 23 S. Kr. 0.75.

» I, » 14 J. P. JACOBSEN: Gezeitenstroeme und resultierende Stroeme im Grossen Belt in verschiedenen Tiefen im Monat Juni 1909. Mit 7 Figuren im Text. 1910. 19 S. Kr. 0.75.

» II, » 1 MARTIN KNUDSEN: Danish hydrographical investigations at the Faroe Islands in the spring of 1910. 2 Plates. 1911. 17 p. Kr. 1.00.

» II, » 2 J. P. JACOBSEN: Beitrag zur Hydrographie der dänischen Gewässer. 47 Tabellen. 17 Textfiguren, 14 Tafeln. 1913. 94 S. Kr. 6.50.

» II, » 3 J. P. JACOBSEN: Strommessungen in der Tiefe in dänischen Gewässern in den Jahren 1909—1910 und 1911. Mittlere Werte des Stroms und Konstanten der Gezeitenbewegung. 1913. 43 S. Kr. 1.25.

» II, » 4 J. P. JACOBSEN: Hydrographical investigations in Faeroe Waters in 1913. 15 Fig. 1915. 47 p. Kr. 1.50.

» II, » 5 J. P. JACOBSEN: Contribution to the Hydrography of the Atlantic. 7 Fig. 8 diagrams. 1916. 24 p. Kr. 0.75.

» II, » 6 TH. P. FUNDER: Hydrographic investigations from the Danish School Ship "Viking" in the Southern Atlantic and Pacific in 1913—14. 1916. 28 p. Kr. 1.00.

» II, » 7 J. P. JACOBSEN: Hydrographische Untersuchungen im Randers Fjord (Jylland). 1918. 46 S. Kr. 2.50.

» II, » 8 Current Measurements from Danish Lightships. 1923. 78 p. Kr. 5.50.

» II, » 9 J. P. JACOBSEN: Die Wasserumsetzung durch den Öresund, den grossen und den kleinen Belt. 1925. 20 + VII Tab. 72 S. Kr. 5.00.

» II, » 10 BAGGESGAARD-RASMUSSEN and J. P. JACOBSEN: Contribution to the Hydrography of the Waters round Greenland in the Year 1925. 25 Fig. 1930. 24 p. Kr. 2.00.

SKRIFTER UDGIVNE AF KOMMISSIONEN FOR HAVUNDERSØGELSER

Nr. 1 JOHS. SCHMIDT: Fiskeriundersøgelser ved Island og Færøerne i Sommeren 1903. 10 Tavler. 1904. VI + 148 S. Kr. 5.00. Udsolgt.

» 2 MARTIN KNUDSEN: Havets Naturlære. Hydrografi. Med særligt Hensyn til de danske Farvande. 10 Figurer, 4 Tavler. 1905. 41 S. Kr. 1.75. Udsolgt.

» 3 JOHAN HJORT og C. G. JOH. PETERSEN: Kort Oversigt over de internationale Fiskeriundersøgelsers Resultater med særligt Henblik paa norske og danske Forhold. 10 Tavler. 1905. 54 S. Kr. 3.50.

» 4 MARTIN KNUDSEN, C. G. JOH. PETERSEN, C. F. DRECHSEL, C. H. OSTENFELD: De internationale Havundersøgelser 1902—07. 1908. 28 S. Kr. 0,75.

» 5 BJARNI SÆMUNDSSON: Oversigt over Islands Fiske med Oplysning om deres Forekomst, vigtigste biologiske Forhold og økonomiske Betydning. 1 Kort. 1909. 140 S. Kr. 2.25.

Nr. 6 ANDREAS OTTERSTRØM: Sildens Afhængighed af forskellige hydrografiske og meteorologiske Forhold i Store Bælt. 2 Textfigurer. 1910. 52 S. Kr. 1.00.

» 7 A. C. JOHANSEN: Om Rødspætten og Rødspættefiskeriet i Beltfarvandet med nogle Bemærkninger om de øvrige Flynderarter og Flynderfiskerier i samme Farvand. 23 Tavler, 14 Textfigurer. 1912. 158 S. Kr. 3.00.

» 8 JOHS. SCMHIDT: Danske Undersøgelser i Atlanterhavet og Middelhavet over Ferskvandsaalens Biologi. 3 Tavler, 5 Textfigurer. 1912. 33 S. Kr. 1.50.

» 9 A. C. JOHANSEN og J. CHR. LØFTING: Om Fiskebestanden og Fiskeriet i Gudenaaens nedre Løb og Randers Fjord. — With an English Resumé. 4 Tavler. 42 Textfigurer. 1919. 169 S. Kr. 3.75.

» 10 ERIK M. POULSEN: Om Hummeren og Hummerfiskeriet i de danske Farvande. 6 Textfigurer. 1927. 42 S. Kr. 1.00.

The name: „Kommissionen for Havundersøgelser" has from the 1st of September 1926 been changed to: „Kommissionen for Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser".